

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
TAKAHASHI et al.)
Application Number: To Be Assigned)
Filed: Concurrently Herewith)
For: OPTICAL MODULES USING OPTICAL WAVEGUIDES)
ATTORNEY DOCKET NO. NITT.0264)

Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of the PCT application PCT/JP03/01511, filed February 13, 2003, which claims the priority of Japanese Patent Application 2002-347122 filed November 29, 2002.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344


Juan Carlos A. Marquez
Registration No. 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
May 19, 2005

10/535704

PCT/JP 03/01511

REC'D 07 MAR 2003

WIPO

PCT

日本国特許
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年11月29日

出願番号

Application Number:

特願2002-347122

[ST.10/C]:

[JP2002-347122]

出願人

Applicant(s):

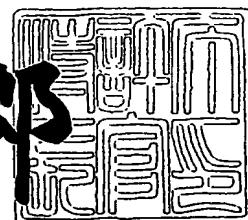
株式会社日立製作所
日立化成工業株式会社

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 1月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3105563

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P0163

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/02

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

 【氏名】 高橋 誠

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

 【氏名】 井戸 立身

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

 【氏名】 佐野 博久

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 日立化成工業株式会社内

 【氏名】 宮寺 信生

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

 【識別番号】 000004455

 【氏名又は名称】 日立化成工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも、第 1 のコアを有する光導波路と、第 2 のコアを有する光導波路とを、前記第 1 のコアの軸方向と前記第 2 のコアの軸方向の延長が交叉する形態で、有し、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域に隣接して、前記第 1 のコアと前記第 2 のコアとは間隙を有し、

前記間隙は、前記第 1 のコアを有する光導波路の、前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と、第 2 のコアを有する光導波路の光射出面との間に形成され、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域の近傍で、第 1 のコア及び第 2 のコアの各幅がそれ自身の他のコア部分より狭く、

且つ、前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域に隣接して、前記第 1 のコアの一方の端部を構成する溝と、この溝に光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材を有することを特徴とする光導波路装置。

【請求項 2】 光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材を間にして、前記第 1 のコアとは反対側に第 3 のコアを有し、前記第 3 のコアの幅は溝の近傍で、それ自身の他のコア部分より狭いことを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路装置。

【請求項 3】 前記第 1 のコアと第 3 のコアとは、一体で形成された後、溝で分離されたことを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 4】 前記光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材は、波長選択フィルタ、反射鏡、ハーフミラー、及び光吸収板の群より選ばれた一者であることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路装置。

【請求項 5】 前記光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材は、波長選択フィルタ、反射鏡、ハーフミラー、及び光吸収板の群より選ばれた一者であることを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 6】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコア

の軸方向と直交する方向の幅が、前記溝の近傍で、当該溝に向かってテーパ状に狭くなっていることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路装置。

【請求項 7】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅が、前記溝の近傍で、当該溝に向かってテーパ状に狭くなっていることを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 8】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅の前記テーパ状の形状は、当該テーパ状領域を導波する光の強度分布が軸方向に沿って準静的に変化するとくなされた形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路装置。

【請求項 9】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅の前記テーパ状の形状は、当該テーパ状領域を導波する光の強度分布が軸方向に沿って準静的に変化するとくなされた形状であることを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 10】 基板と、この基板上に第 1 のクラッド層と、この第 1 のクラッド層上に形成された少なくとも第 1 のコアと第 2 のコアと、少なくとも前記第 1 のコアと第 2 のコアとを覆って第 2 のクラッド層とを有し、

前記第 2 のコアは、前記第 1 のコアに角度を有し且つ前記第 1 のコアと間隙を有して光学的に結合され、

前記間隙は、前記第 1 のコアを有する光導波路の、前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と、第 2 のコアを有する光導波路の光射出面との間に形成され、

前記第 1 のコアと前記第 2 のコアとが光学的に結合される領域の近傍の各コア領域の幅は、当該各コアのその他の領域より狭くなされ、

前記第 1 のコアの幅が他の領域より狭くなされた部分で且つ前記第 2 のコアが光学的に結合される領域に隣接して、前記第 1 のコアと交叉して溝が形成されたことを特徴とする光導波路装置。

【請求項 11】 前記溝に光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材を有することを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路装置。

【請求項 12】 前記光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特

性を有する部材は、波長選択フィルタ、反射鏡、ハーフミラー、及び光吸収板の群より選ばれた一者であることを特徴とする請求項 1 1 に記載の光導波路装置。

【請求項 1 3】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅が、前記溝の近傍で、当該溝に向かってテーパ状に狭くなっていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の光導波路装置。

【請求項 1 4】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅の前記テーパ状の形状は、当該テーパ状領域を導波する光の強度分布が軸方向に沿って準静的に変化するとくなされた形状であることを特徴とする請求項 1 0 に記載の光導波路装置。

【請求項 1 5】 前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅の変化が終了した終点から前記溝までの間の、前記第 1 のコアの軸方向と直交する方向の幅と、前記第 2 のコアの軸方向と直交する方向の幅は、各コアの幅の変化が終了した前記終点での幅となっていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の光導波路装置。

【請求項 1 6】 少なくとも、第 1 のコアを有する光導波路と、第 2 のコアを有する光導波路とを、前記第 1 のコアの軸方向と前記第 2 のコアの軸方向の延長が交叉する形態で、有し、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域に隣接して、前記第 1 のコアと前記第 2 のコアとは間隙を有し、

前記間隙は、前記第 1 のコアを有する光導波路の、前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と、第 2 のコアを有する光導波路の光射出面との間に形成され、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域の近傍で、第 1 のコア及び第 2 のコアの各幅がそれ自身の他のコア部分より狭く、

且つ、前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域に隣接して、前記第 1 のコアの一方の端部を構成する溝と、この溝に光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材を有する光導波路構成を、複数有することを特徴とする光導波路装置。

【請求項 1 7】 少なくとも、第 1 のコアを有する光導波路と、第 2 のコアを有する光導波路とを、前記第 1 のコアの軸方向と前記第 2 のコアの軸方向の延長が

交叉する形態で、有し、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域に隣接して、前記第 1 のコアと前記第 2 のコアとは間隙を有し、

前記間隙は、前記第 1 のコアを有する光導波路の、前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と、第 2 のコアを有する光導波路の光射出面との間に形成され、

前記第 1 のコアの軸方向と第 2 のコアの軸方向の延長との交叉する前記領域の近傍で、第 1 のコア及び第 2 のコアの各幅がそれ自身の他のコア部分より狭く、

且つ、前記第 1 のコアを有する光導波路の光射出面を介して、前記第 1 のコアを有する光導波路と前記第 2 のコアを有する光導波路とが光学的に結合されていることを特徴とする光導波路装置。

【請求項 18】 前記第 1 のコアを有する光導波路の光射出面に、光の透過、反射、又は吸収の少なくともいずれか一者の特性を有する部材を有することを特徴とする請求項 16 に記載の光導波路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光導波路装置に関するものである。わけても、平面光回路（PLC：Planer lightwave circuit）型合分波器に適用して有用なものである。

【0002】

【従来の技術】

光導波路装置、わけても光合分波器は、波長多重通信用を始めとした多くの光モジュールに用いられる重要な光部品である。近年、光合分波器を PLC によって構成して、小型且つ低コスト化を図る試みが活発になっている。

【0003】

図 10 に、これまでの PLC 型光合分波器の原理的構成の平面図である。本光合分波器は、光導波路 1a、1b および 1c よりなる Y 字型光導波路の交叉部に波長選択フィルタ 3 を挿入した構成となっている。尚、図では、光導波路はそのコア部分のみを示し、この光導波路を含む基板部に埋め込まれている。以下の光

導波路の構成の説明図は、いずれも、同じようにコア部のみを示している。波長選択フィルタ 3 は、基板部の表面に垂直に切りこまれたダイシング溝 2 に差し込まれて固定されている。尚、図では、溝 2 とフィルタ 3 の光学部材との間に隙間が図示されているが、これは、溝 2 に光学部材 3 が挿入されることの理解を容易とする為に示した。実際には、この挿入で光学部材が固定される。図の寸法は、具体的寸法を比例関係で示すものではない。この事は以下の溝と光学部材を示す図で同様である。

【 0 0 0 4 】

こうした光導波路装置に対して、波長選択フィルタ 3 の透過波長を有する光を光導波路 1 b より入射し、且つ反射波長を有する光を光導波路 1 c より入射すると、両者の光はともに光導波路 1 a 内を伝搬する様になるので、本素子は合波器として作用する。又、この両者の光を光導波路 1 a より入射すると、透過波長及び反射波長は、それぞれ光導波路 1 b 及び光導波路 1 c 内を伝搬する様になるので、本素子は分波器として作用する。この様に、本構成によれば、P L C 型光合分波器を得る事ができる。

【 0 0 0 5 】

しかし、本構成には、波長選択フィルタ 3 の位置ずれによって、反射光の経路に過剰挿入損失が生じるという難点がある。これは、フィルタで反射された光とその光が入射される導波路との間に、軸ずれが生じてしまうからである。波長選択フィルタ 3 の位置はダイシング溝 2 によって決められるので、ダイシングの位置決め精度を上げれば過剰損失を抑えることができる。しかし、この場合は工程が複雑になり、作製コストの上昇を招いてしまう。このため、P L C 型光合分波回路の開発では、挿入損失の少ない素子を簡易に作製することが大きな課題である。

【 0 0 0 6 】

これまで、本課題の解決に向けて以下の様な提案がなされてきた。

【 0 0 0 7 】

図 1 1 に、特許公開公報、特開平 6 - 1 7 9 5 号（特許文献 1）に記載されている第一の例を示す。本例では、波長選択フィルタ 3 の近傍において、伝搬光の

スポットサイズ W_s を他の部分より拡大する事によって、軸ずれの影響を抑えている。ここで、 W_s を拡大するためには、コア幅 W を広げるか狭めれば良い。図 1 4 にコア幅 W と伝搬光のスポットサイズ W_s との関係を示す。ここで、コアとクラッドとの間の屈折率差 Δ を 0.84% 、コア厚 d を $4.5\mu m$ 、動作波長を $1.3\mu m$ とした。この時、カットオフコア幅（高次モードが存在しないコア幅の最大値）は $4.5\mu m$ となり、 W_s は $5\mu m$ となる。一般に、通信用光回路ではシングルモード性保持と曲率半径低減の観点から、カットオフコア幅のコアが用いられる。そこで、本例では、フィルタから充分離れた部分の W を $4.5\mu m$ として考える。また、図より、 W_s を例えば $10\mu m$ とするためには、 W を $11\mu m$ または $0.7\mu m$ にすれば良い事が分かる。これより、本例では、フィルタ近傍でコアを $4.5\mu m$ から $11\mu m$ に広げるか、又は $0.7\mu m$ に狭める様なテーパ形状にすれば良い事が分かる。

【0008】

図 1 2 は、特許公開公報、特開平 8-190026 号（特許文献 2）に見られる第二の例を示す。本例では、波長選択フィルタ 3 の近傍において、光導波路の幅を他の部分より広げる事により、第一の従来例と同様に軸ずれの影響を抑えている。更に、本例ではコアの交叉部に隙間を設けて、導波路作製時の気泡の発生を防いでいる。本例によれば、気泡による過剰損失の発生をも抑える事ができる。

【0009】

又、図 1 3 に、特許公開公報、特開 2000-180646 号（特許文献 3）に記載されている第三の例を示す。本例では、コア 1 a、1 b 及び 1 c を、それぞれ分離する事により、気泡の発生を防ぎ、更に、それぞれのコア幅を波長選択フィルタ 3 の方向に向けてテーパ状に狭める事により、挿入損失の低減を図っている。

【0010】

【特許文献 1】

特開平 6-1795 号公報

【特許文献 2】

特開平8-190026号公報

【特許文献3】

特開2000-180646号公報

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来例においても、未だ依然として以下の様な難点がある。まず、前記第一の従来例では、コア1aと1bとの間に、先端が行き止まりになる空間が存在する。従って、クラッドを形成する際に図15に示す様な気泡111が生じ易い。そして、この気泡による過剰損失を発生し易い。図16に、気泡による過剰損失とコア幅Wとの関係を示す。縦軸がこの過剰損失を示す。図16の例は、2次元BPM (Beam Propagation Method) による計算結果である。ここで、過剰損失の計算には、図17に示したモデルを用いた。本モデルでは、まず、矩形の気泡111が接している直線状のコア112に、0次の固有モード114を入射し伝搬させる。次に、気泡111を通過直後の光分布115と、0次の固有モード114との重なりを計算し、過剰損失を求める。ここで、矩形の辺の長さは $2\mu\text{m}$ とした。また、コア112とクラッド113との間の屈折率差 Δ 及び動作波長は図14の場合と同様である。図16より、気泡による過剰損失はコア幅が大きい時には問題にならないが、小さい時には、深刻になる事が分かる。例えば、 W_s を $10\mu\text{m}$ に広げようとして、 W を $11\mu\text{m}$ にした場合には、気泡による過剰損失は 0.1dB 未満である。しかし、 W を $0.7\mu\text{m}$ に狭めた場合には、 10dB 以上の過剰損失が生じてしまう。これは、コア幅を狭めた時には、コアからの光のしみだしが大きくなるため気泡の影響を受け易くなるからである。これより、本例では、コア幅を広げる方が得策である事が分かる。しかし、コア幅を広げる場合は、コア形状やフィルタ位置の僅かなずれによっても高次モードが発生し易い。高次モードが存在すると、0次モードとの干渉が生じて光出力を不安定にさせるという問題が発生する。

【0012】

前記第二の例では、気泡の発生を防ぐための隙間が設けられているが、コア幅を広げる構造であるため、この場合も前記第一の例と同様の問題が生じる。

【0013】

前記第三の例では、それぞれのコアが分離しているため、コア間では光はクラッド内に放射されて伝搬する事になる。更に、コア間距離 d_z は $60\ \mu\text{m}$ 程度と大きくなっている。従って、反射光および透過光ともに放射距離が長く、損失が大きくなるという問題がある。図18にコア間距離 d_z と放射損失との関係を示す。ここで、出射側および入射側で W_s 及び光軸は一致しているとし、クラッドの屈折率は 1.52 、動作波長は $1.3\ \mu\text{m}$ とした。この場合、 $d_z = 60\ \mu\text{m}$ とすると、 $W_s = 5\ \mu\text{m}$ (カットオフコア幅でのスポットサイズ) では、放射損失は $4\ \text{dB}$ 以上となる。図より、この放射損失は、 W_s を拡大する事で低減できる事が分かる。しかし、 $d_z = 60\ \mu\text{m}$ では、 W_s を $10\ \mu\text{m}$ に広げても放射損失は依然として、 $0.4\ \text{dB}$ 以上ある事が分かる。この場合でも、 W_s を $20\ \mu\text{m}$ にまで拡大すれば損失を $0.1\ \text{dB}$ 未満に低減できる。しかし、 W_s を $20\ \mu\text{m}$ に広げるためには、図14から分かる様に W を $0.5\ \mu\text{m}$ 以下に制御しなければならず、高度な作製技術が要求される。又、 W が狭い場合は、放射損失が生じない様にするためのテーパ長も長くなる。従って、ウェハーあたりの素子取得数が減るという難点も生じる。

【0014】

この様に、従来の諸例によっても、損失の少ない PLC 型光合分波器を簡易に作製する事は實際上困難であった。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本願発明は、少なくとも2つの光導波路が角度を持って光学的に結合するに当って、大きくは、次の2つ観点を満たすことが肝要な点である。

(1) 2つの光導波路を用いての所望の光学処理を行なう為、当該光導波路に光学部材を挿入することによっても、大きな光学損失の発生を抑え得る平面光回路 (PLC) 型光導波路装置を提供する。即ち、前記光学部材の配置する位置に、製造工程中の通例の加工に基づく位置ずれがあっても、大きな光学損失の発生を抑え得ることである。

(2) 光導波路の形成の際、発生する泡などの材料の質的難点を回避し、当該平

面光回路（P L C）型光導波路装置の光学的特性への影響を除去する。

【 0 0 1 6 】

本発明は、これまでの光導波路装置に見られない、前述の2つの要請を合わせて満足させることが出来るのである。

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するために、本発明のP L C型合分波器は次のような構成を取る。即ち、波長選択フィルタ等の光機能部品を位置決め固定するためのダイシング溝を介して連続したコアと、このコアから分岐したコアを有し、且つ両コアとの間に僅かな隙間があり、且つ、前記ダイシング溝の近傍における両コアの幅が他の部分に比べて狭くなっている構造を有する。即ち、2つの光導波路の交叉領域付近の両コア幅を狭めることによって、伝搬光のスポットサイズを大きくすることによって実現する。従って、前記光学部材の配置に用いる溝加工の位置ずれにも十分対応可能である。この光導波路装置の製造上、前記2つの光導波路の交叉領域付近を覆うクラッド層に気泡が発生しやすい。この課題を回避するに、交叉する第1のコアと第2のコアとの間に隙間を設けるのである。

【 0 0 1 8 】

こうして、本構造によれば、コアの分岐部に気泡が発生する事も無く、又、コア間での光の放射損失およびダイシング溝の位置ずれによる過剰損失が抑えられるので、挿入損失の小さいP L C型合分波器を簡易に作製できる。

【 0 0 1 9 】

本発明の代表的な例を以下に説明する。本発明の代表的な形態は、次の特徴を有する。即ち、第1の透光性材料で形成されたクラッドと、このクラッドよりも高い屈折率を有する第2の透光性材料で形成されたコアとを基板上に有する光導波路装置であって、前記光導波路装置の表面には溝が設けられている。この溝には、当該光導波路装置に必要な光学部材が挿入される。これらの光学部材は、これまでのP L C型光導波路装置で用いられるもので十分である。例えば、これらの例を例示すれば、波長選択フィルタ、又は反射鏡、又はハーフミラー又は光吸収板の様な、光を透過又は反射又は吸収する様な機能部品が、溝に挿入される。即ち、反射にはミラーである。透過には例えば、波長選択フィルタで、この例の

場合、反射波長と透過波長の差を利用して波長選択を行なう。又、吸収は、例えば光信号の変調の場合に用いられる。即ち、電界の印加などによって吸収の有無を調節し、特定の波長の光のみを変調する場合に用いられる。

【 0 0 2 0 】

P L C 型光導波路装置の代表例では、次のような構造体を用いられる。即ち、基板と、この基板の上に第 1 のクラッド層と、この第 1 のクラッド層上に形成された少なくとも第 1 のコアと第 2 のコアと、少なくとも前記第 1 のコアと第 2 のコアとを覆って第 2 のクラッド層とを配する。そして、前記第 2 のコアは、前記第 1 のコアに角度を有し且つ前記第 1 のコアと間隙を有して光学的に結合されている。クラッド層とコア層は通例樹脂材料が用いられる。こうした構造体の基本構造は通例のもので十分である。

【 0 0 2 1 】

光導波路の平面配置の例は次の通りである。前記溝の両側に、この溝を介してコアが存在するか、若しくはこの溝の片側のみに、第一のコアが存在し、且つ、この第一のコアに対して、第一のコアから分岐した第二のコアが配される。本発明の諸形態の具体的例は、例えば、溝の両側にコアが存在する例としてメディアコンバータ、E D F A などをあげることが出来る。又、溝の片側にのみ第 1 及び第 2 のコアが存在する例としては、第 1 のコアに反射鏡を配した例をあげることが出来る。

【 0 0 2 2 】

前記第一のコアと前記第二のコアとの間には交叉部において隙間があり、且つ、前記溝の近傍で前記第一のコア及び前記第二のコアの幅が他の部分よりも狭くなっている。

【 0 0 2 3 】

前記間隙は、前記第 1 のコアを有する光導波路の、前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と、第 2 のコアを有する光導波路の光射出面との間に形成されている。前記第 1 のコアの軸方向に沿う側面と第 2 のコアを有する光導波路の光射出面とは、通例実質的に平行な面とされ光学的に結合が可能となっている。

【 0 0 2 4 】

一般に、コア幅は次の考えに従って決定される。結合せんとする光部材相互に対する所望の結合効率が設定される。この要請される結合効率に基づいて、入射する側からの必要なスポットサイズが求められる。必要なスポットサイズが設定されると、入射側の光導波路のコアとクラッドの屈折率差 Δ を元に、コア幅が求められる。実用的に屈折率差 Δ は0.4より1.5程度である。

【0025】

更に、前記第一のコアの幅と第二のコアの幅は、表面に設けられた溝の近傍でこの溝に向かいテーパ状に狭くする。このテーパ部は、導波する光の強度分布が光軸に沿って準静的に変化する様に形成されるのが好ましい。更には、第一のコアおよび第二のコアのテーパ部において、コア幅の変化の度合いがコアの狭い部分ではコアの広い部分と比較して緩やかになすのも実用的である。

【0026】

又、このテーパ領域と溝との関係は、次の関係が好ましい。即ち、前記第一のコア及び前記第二のコアにおいて、コア幅が最も狭くなったテーパの終点から表面に設けられた溝との間では、第一のコアおよび第二のコアの幅が、前記テーパの終点での幅で一定となすのである。こうした形態は製造工程で利点を有する。即ち、第一のコア部と第二のコア部を一旦連続して形成しておき、本願発明に関わる前記溝を加工する際、この幅が一定の部分でダイシングを行なうのである。こうすることによって、ダイシングの際の位置設定の裕度が大きくなる。

【0027】

実用的な屈折率差 Δ の範囲から、大きな幅のコアは6 μm から4 μm 程度、細い方の幅は0.5 μm から3 μm 程度が多用される。又、実用的観点から、第一のコアおよび第二のコアの幅の最小値が0.5 μm から1.5 μm の範囲にある事が好ましい。

【0028】

本発明は、当然、これまで説明してきた諸光導波路装置を複数個用いて光導波路装置を構成することが出来る。この例は、例えば、WWDMM用送受信器である。勿論、目的に応じて他の諸装置が実現出来ることは言うまでもない。

【0029】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の例を具体的に説明する。図1に本発明の第一の実施例を示す平面図を示す。前述したように図1も、基板1上での光導波路のコア部分と溝及びこれに挿入される光学部材との関係を示したものである。以下、光導波路のコア部分と溝及びこれに挿入される光学部材との関係を示す図は同様にこの部分のみを示す。又、これまでの図と同様に光導波路のコア部分のみを示し、クラッド部分は省略されている。以下、本質の理解を容易となす為、本発明の説明に用いられる図はいずれもこの形態である。

【0030】

本実施例の素子はダイシング溝2を介して連続したコア部1a、1bとダイシング溝2の近傍でコア1aより分岐したコア1cを有する。コア1a、1b及び1cの幅は、ダイシング溝2に向かってテーパ状に狭まっている。又、コア1aとコア1cとの間には、幅5 μ m程度の隙間5がある。ダイシング溝2には、波長選択フィルタ3が挿入されている。

【0031】

図2に、本素子において Δ を0.84%、フィルタ近傍でのコア幅を0.7 μ m、コア1aとコア1cとのなす角を16度、動作波長を1.3 μ mとした時の反射光の経路における挿入損失とフィルタ位置ずれとの関係を示す。横軸はフィルタの位置、縦軸が挿入損失である。ここで、フィルタ位置は、原点をコア1aと1cの中心軸が交わる位置とし、フィルタ表面に垂直な方向にずれるとし、原点よりコア1b側を正とした。又、ダイシング溝とフィルタ表面との間の隙間は、10 μ mと仮定した。図には、比較の為、図10に示した素子構造の場合の特性も示した。ここで、図10の場合のコア幅は4.5 μ mとし、気泡は発生しないと仮定した。図2より、本実施例の構造によれば損失を従来の素子より大幅に低減でき、フィルタ位置ずれがある場合でも損失を十分抑えられる事が分かる。一般に、図10の従来素子における挿入損失は、屈折率差 Δ が大きいほど大きくなる。これは、コアへの光の閉じ込めが強くなり、スポットサイズが減少するためである。しかし、本構造によれば高 Δ の場合でも損失を十分に低減する事が可能になる。尚、ここで、 $\Delta = (n_1 - n_0) / n_1$ (但し、 n_1 コアの屈折率、 n_0 は

クラッドの屈折率である)である。

【0032】

図3に、本素子を作製工程順に示した素子の断面図である。ここでは、導波路をポリマ材料で形成する場合を例にとって説明する。又、図3は、図1におけるA-A'での断面図である。まず、二酸化シリコン(SiO_2)膜102が形成されたシリコン(Si)基板101上に、下側のポリマクラッド層103及びポリマコア層1を、スピコートにより形成した。この後、通例の方法により、ポリマコア層1をエッチングし、コア1a及び1bをなす。そして、この上部に、上側ポリマクラッド層104をスピコートにより形成する。その後、通例のダイシングにより、前述の溝2を形成し、この溝2にフィルタ3を挿入すれば本素子は作製できる。

【0033】

図4は、本素子の第二の実施例を示す装置の平面図である。本素子は、ダイシング溝2に対して同じ側に、コア1aおよび1cを有する。又、コア1a及び1cの幅は、ダイシング溝2に向かってテーパ状に狭まっており、ダイシング溝2にはミラー4が挿入されている。本構造によれば、ダイシングに位置ずれがあっても、低損失な反射器を作製する事ができる。

【0034】

図5は、本発明の第三の実施例を示す装置の平面図である。本発明の光合分波器では、図5に示す様に、コア幅を非線形的に変化させても良い。テーパ形状を最適化する事によって、放射損失を増大させる事無く、直線状にコア幅を変化させた場合に比べて素子長を低減する事が可能になる。

【0035】

図6は、本発明の第四の実施例を示す装置の平面図である。本発明の反射器においても、コア幅を非線形的に変化させても良く、またその効果も第三の実施例と同様である。

【0036】

次に、本発明の光モジュールの諸例を説明する。

【0037】

図 7 は、本発明の第五の実施例を示す装置の平面図である。これは、メディアコンバータ用送受信モジュールの例である。本実施例では、PLC 基板 2 0 1 に、本発明の第一もしくは第三の実施例の光合分波器 2 0 2 が形成されている。光合分波器 2 0 2 の一方の側に、光導波路 2 1 1 及び 2 1 3 が光学的に接続され、他方の側に、光導波路 2 1 2 が光学的に接続されている。PLC 基板 2 0 1 には溝 2 が設けられ、この溝 2 にフィルタ 3 が挿入されている。本構成によれば、送信されて来た波長 λa の光信号を、光導波路 2 1 1 から光導波路 2 1 2 の経路で受信し、又、送信されて来た波長 λb の光信号を光導波路 2 1 3 から光導波路 2 1 1 の経路で送信する事ができる。

【 0 0 3 8 】

図 8 は、本発明の第六の実施例を示す装置の平面図である。これは、ファイバアンプモジュールの例である。本実施例では、PLC 基板 2 0 1 に本発明の第一もしくは第三の実施例の光合分波器 2 0 2 が形成されている。図 7 の例と同じように、光合分波器 2 0 2 の一方の側に、光導波路 2 3 3 及び 2 3 2 が光学的に接続され、他方の側に、光導波路 2 3 1 が光学的に接続されている。PLC 基板 2 0 1 には溝 2 が設けられ、この溝 2 にフィルタ 3 が挿入されている。光導波路 2 3 3 にはファイバアンプ 2 4 1 及びシングルモードファイバ 2 2 3 が、光導波路 2 3 1 にはシングルモードファイバ 2 2 1 が光学的に接続される。本構成によれば、波長 λs の信号光を、シングルモードファイバ 2 2 1 から導波路 2 3 1、導波路 2 3 3 を経てファイバアンプ 2 4 1 に伝搬し、同時に波長 λp のポンプ光を、シングルモードファイバ 2 2 2 から導波路 2 3 2、導波路 2 3 3 を経てファイバアンプ 2 4 1 に伝搬する事によって、増幅された信号光をシングルモードファイバ 2 2 3 内に伝搬させる事ができる。

【 0 0 3 9 】

図 9 は、本発明の第七の実施例を示す装置の平面図である。これは、CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) 用受信器の例である。本実施例では、PLC 基板 2 0 1 に本発明の第二もしくは第四の実施例の反射器 2 0 3 が 3 個形成される。更に、本発明の第一もしくは第三の実施例の光合分波器 2 0 2 が 3 個形成されている。3 個の光合分波

器 2 0 2 の間では、透過および反射波長が異なっている。

本構成によれば、 $\lambda 1$ から $\lambda 4$ までの 4 種類の波長の光が重畳されて送信されて来た信号光を、光導波路 2 5 1 および光導波路 2 5 2 を経て、光導波路 2 5 3、光導波路 2 5 4、光導波路 2 5 5 および光導波路 2 5 6 にそれぞれ単一の波長に分けて伝搬させ受信する事ができる。

【 0 0 4 0 】

本発明は、主として平面光回路型分波器に適用する例を用いて説明したが、これに限定されるものではなく、偏向器、光スイッチ、合分岐器などの光導波路装置に適用することが出来る。即ち、光導波路と光を透過もしくは反射もしくは吸収する、機能部品もしくは機能部位とを集積して用いられる形態の光導波路部分に適用することが出来る。

【 0 0 4 1 】

当該機能部品もしくは機能部位が有する機能は、適用される用途に最適なものを選択することが出来、例えば、光の偏光を制御する機能、光の位相を制御する機能、光を偏向する機能、光を集光する機能、光を分散する機能などを利用することが出来る。

【 0 0 4 2 】

当該機能部品もしくは機能部位は、溝によって位置決め保持されることが出来る。又、当該機能部品は図 1 9 に示すように導波路端面を利用して別体部品として接続され得るようにした光導波路基板とすることも出来る。図 1 9 は、当該光導波路装置基体 1 0 1 に光導波路 1 a とこれに交差するように配置された光導波路 1 b が、上面より示されている。前記光導波路 1 a と前記光導波路 1 b との間に間隙 5 を有している。そして、本形態は、導波路端面 2 0 を有して形成されている。このように、本例は、例えば図 1 に例示された形態と異なり、光導波路の一方の端面は、溝に接するのではなく、直接光導波路端面となされている。前記別体部品は、接着、密着もしくは空隙を介して配置することが出来る。更に、当該機能部位は、図 1 9 に示すような光導波路基板の端面に蒸着、メッキなどの公知の方法によって形成することも出来る。光導波路端面を利用する場合のように、光導波路装置を形成する部材としての光導波路基板を含む。即ち、本発明が適

用されたコア形状を有する光導波路、もしくは当該光導波路に溝もしくは接合部分が形成された光導波路基板を含む。光導波路を構成する材料を樹脂もしくはポリマーとすることで、フレキシブルなフィルム状の光導波路を形成することも出来る。

【 0 0 4 3 】

溝を利用する場合には、溝に別体の当該機能部品を配置することが出来る。又、溝もしくは接合部分に当該機能部位を作り込むことが出来る。例えば、溝もしくは接合部分を光導波路のコアとは異なる屈折率の材料（固体、液体、気体のいずれであってもよい）で充填された形とすることによって、光を透過もしくは反射もしくは吸収するなどの機能を形成することもできる。

【 0 0 4 4 】

溝もしくは端面の形成方法は、ダイシングの他に、エッチング、へき開などの公知の手法を用いることが出来る。

【 0 0 4 5 】

光導波路のコアの本数は、図 4、図 6、図 1 9 に示すように 2 本であることが出来る。又、光導波路のコアの本数は、図 5 に示すように 3 本であることが出来る。又、光導波路のコアの本数は、図 4 に示すように 4 本もしくはそれ以上の本数であることが出来る。

【 0 0 4 6 】

図 2 0 は、これまでの説明に基づき例示される、更に別な実施形態の上面よりの図で、基板 1 0 1 上での光導波路のコア部分（1 a、1 b、1 c、1 d）と、溝あるいは接合部分との関係を示す図である。図 1 などに例示される形態と異なって、本例では、光導波路 1 b（図ではそのコア部のみが示される）が、更に配置されている。前記光導波路 1 a と前記光導波路 1 c との間、及び前記光導波路 1 b と前記光導波路 1 d との間に間隙 5 を有している。又、接合部分は前述の光導波路端面が露出され、所望の別体の当該機能部品を配置することも可能である。基本的な機能はこれまでの例と同様であるが、コア 1 a と 1 d、コア 1 b と 1 c とが各々対称の配置となり、双方向から同じ機能を果たすことが可能である。図 2 0 において、他の部位はこれまでの符号と同じに示される。

【 0 0 4 7 】

図 2 1 は、光導波路端面を利用した C W D 用受信器の例である。P L C 基板 2 0 1 に本発明の第一もしくは第三の実施例で示した光合分波器 2 0 2 が 3 個形成されている。更に、本例では、P L C 基板の端面、即ち光導波路端面を利用した反射器 2 0 4 が設けられている。これらに光合分波器 2 0 2 及び反射器 2 0 4 の間では、透過及び反射する波長が異なっている。それぞれの光合分波器 2 0 2 及び反射器 2 0 4 は、図の太い線で示した通り光学的に接続されている。尚、前記反射器 2 0 4 の光導波路端面には波長選択フィルタ 3 或いはミラー 4 が配置されている。これらの光学部材は光導波路に集積して形成された。この例では、光導波路 2 6 0 より、波長多重光（波長： $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ ）が入射する。そして、各光合分波器 2 0 2 及び反射器 2 0 4 を通過しつつ、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 及び $\lambda 4$ の各光が、各光導波路に分波され伝達される。図 9 の例と異なって、この例では、波長多重光の入射と分波された光の射出が同じ、側面からなされる特徴がある。

【 0 0 4 8 】

本発明は、基板、光導波路及びその他の構成要素の材料に関わらず有効であり、上記実施例で説明した諸例に制限されない。

【 0 0 4 9 】

【発明の効果】

本発明によれば損失の少ない P L C 型光合分波器を簡易に作製する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、本発明による第一の実施例を示す装置の平面図である。

【図 2】

図 2 は、本発明の例におけるフィルタの位置と挿入損失との関係を示す図である。

【図 3】

図 3 は、本発明の装置の、製造工程順に示した装置断面図である。

【図 4】

図 4 は、本発明による第二の実施例を示す装置の平面図である。

【図 5】

図 5 は、本発明による第三の実施例を示す装置の平面図である。

【図 6】

図 6 は、本発明による第四の実施例を示す装置の平面図である。

【図 7】

図 7 は、本発明による第五の実施例を示す装置の平面図である。

【図 8】

図 8 は、本発明による第六の実施例を示す装置の平面図である。

【図 9】

図 9 は、本発明による第七の実施例を示す装置の平面図である。

【図 1 0】

図 1 0 は、P L C 型合分波器の原理的な構成を示す平面図である。

【図 1 1】

図 1 1 は、従来例を示す平面図である。

【図 1 2】

図 1 2 は、第二の従来例を示す平面図である。

【図 1 3】

図 1 3 は、第三の従来例を示す平面図である。

【図 1 4】

図 1 4 は、コア幅とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図 1 5】

図 1 5 は、従来例を示す平面図である。

【図 1 6】

図 1 6 は、従来例において、気泡が発生した時のコア幅と損失との関係を示す図である。

【図 1 7】

図 1 7 は、コア幅と損失との関係を求める際のモデルを示す平面図である。

【図 1 8】

図 1 8 は、コア間距離と損失との関係を示す図である。

【図 1 9】

図 1 9 は光導波路端面を利用した光導波路基板の例を示す上面図である。

【図 2 0】

図 2 0 は本発明の更に別な例を示す平面図である。

【図 2 1】

図 2 1 は光導波路端面を利用した光導波路基板を有する光合分波器の例を示す上面図である。

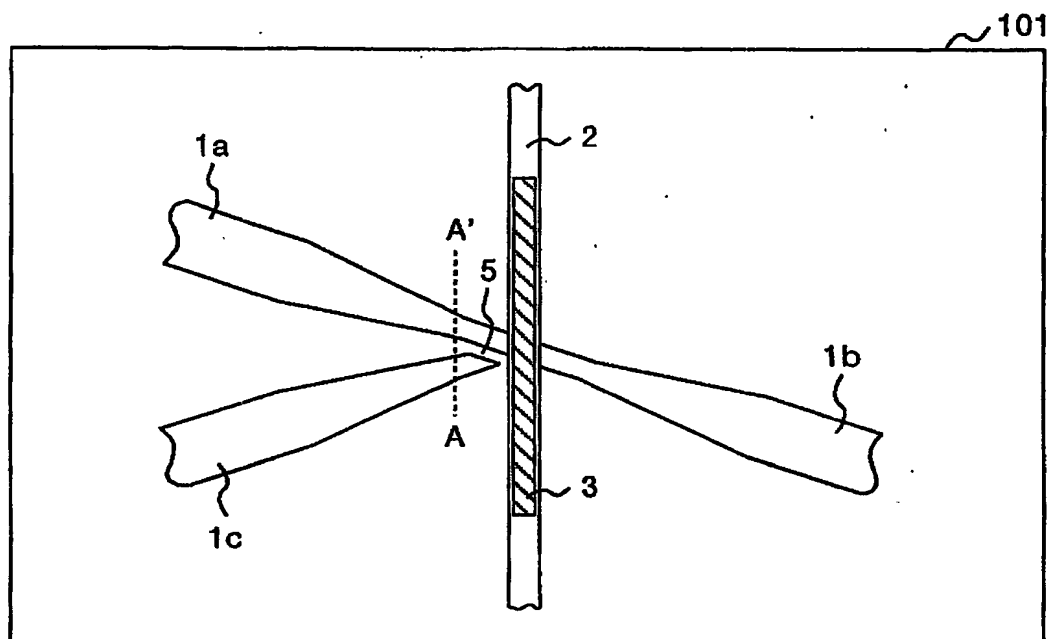
【符号の説明】

1 (1 a、1 b、1 c) … コア、2 … ダイシング溝、3 … 波長選択フィルタ、
4 … ミラー、5 … コア間の隙間、1 0 1 … Si 基板、1 0 2 … SiO₂ 膜、1
0 3 … クラッド、1 0 4 … クラッド、1 1 1 … 気泡、1 1 2 … コア、1 1 3 … ク
ラッド、1 1 4 … 0 次モード、1 1 5 … 伝搬後の光分布、2 0 1 … PLC 基板、
2 1 1 … 光導波路、2 1 2 … 光導波路、2 1 3 … 光導波路、2 2 1 … シングルモ
ードファイバ、2 3 1 … 光導波路、2 3 2 … 光導波路、2 3 3 … 光導波路、2 2
2 … シングルモードファイバ、2 2 3 … シングルモードファイバ、2 4 1 … ファ
イバアンプ、2 5 1 … 光導波路、2 5 2 … 光導波路、2 5 3 … 光導波路、2 5 4
… 光導波路、2 5 5 … 光導波路、2 5 6 … 光導波路。

【書類名】 図面

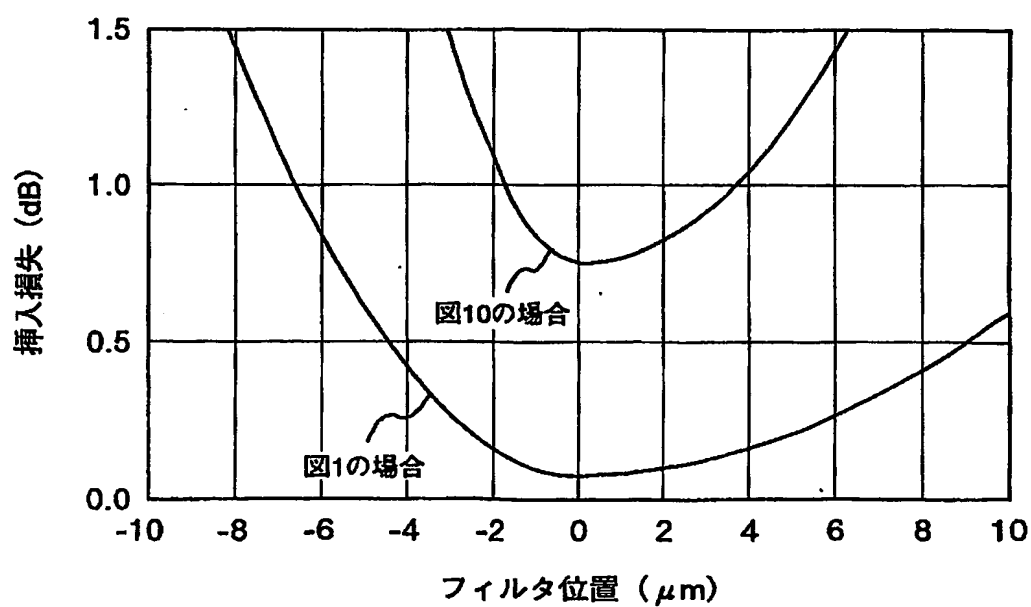
【図 1】

図 1



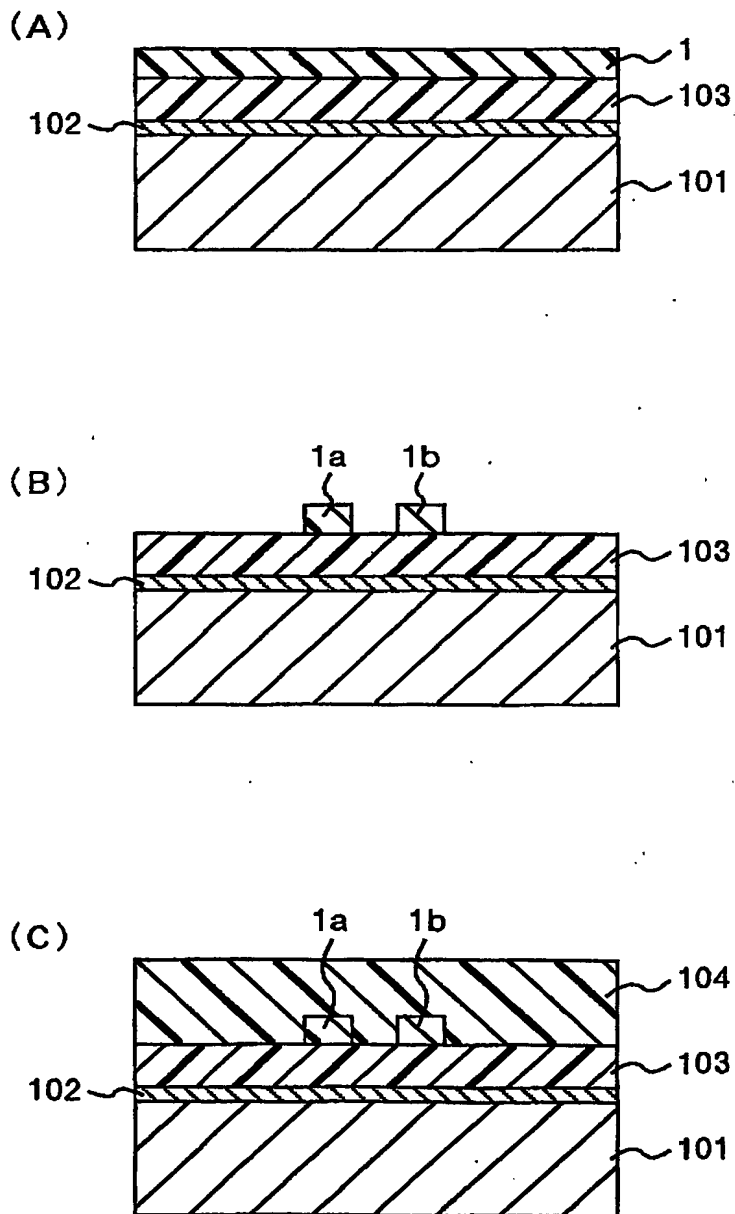
【図 2】

図 2



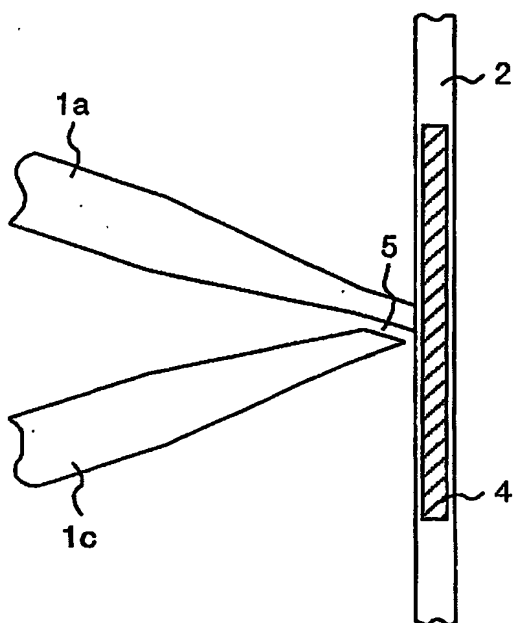
【図 3】

図 3



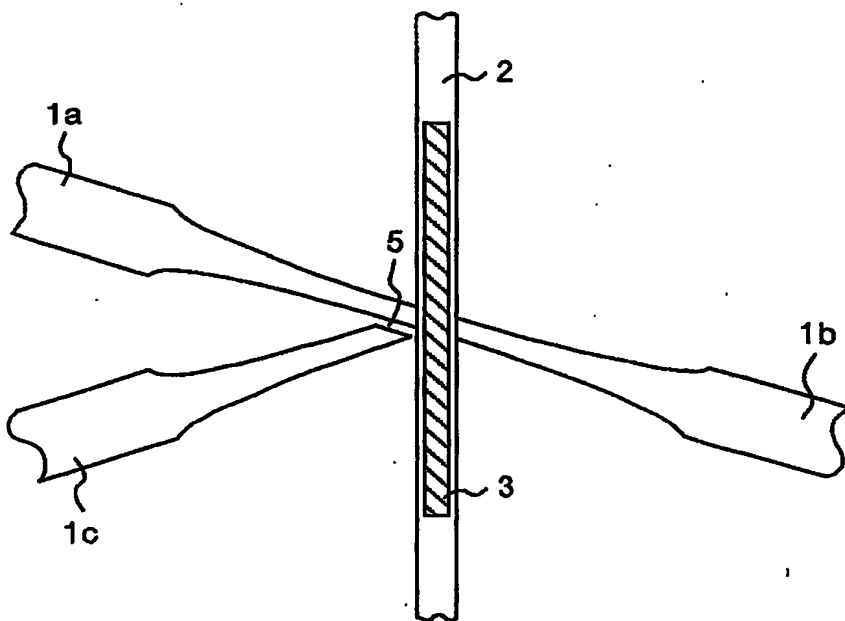
【図 4】

図 4



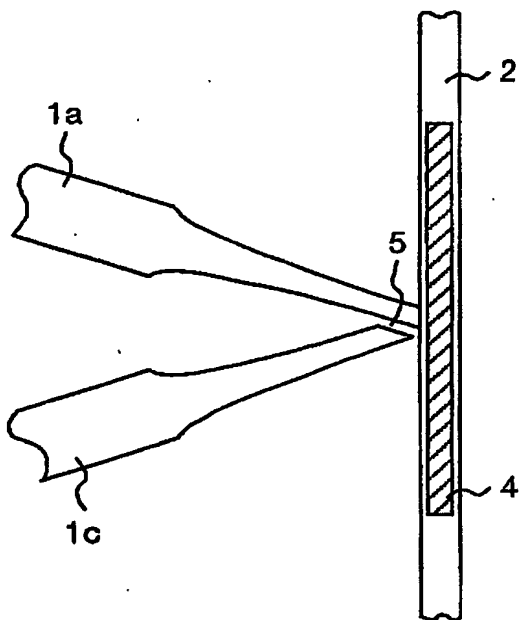
【図 5】

図 5



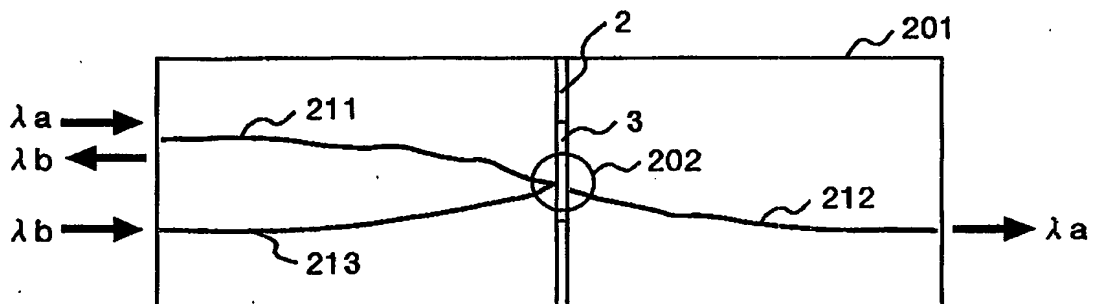
【図6】

図 6



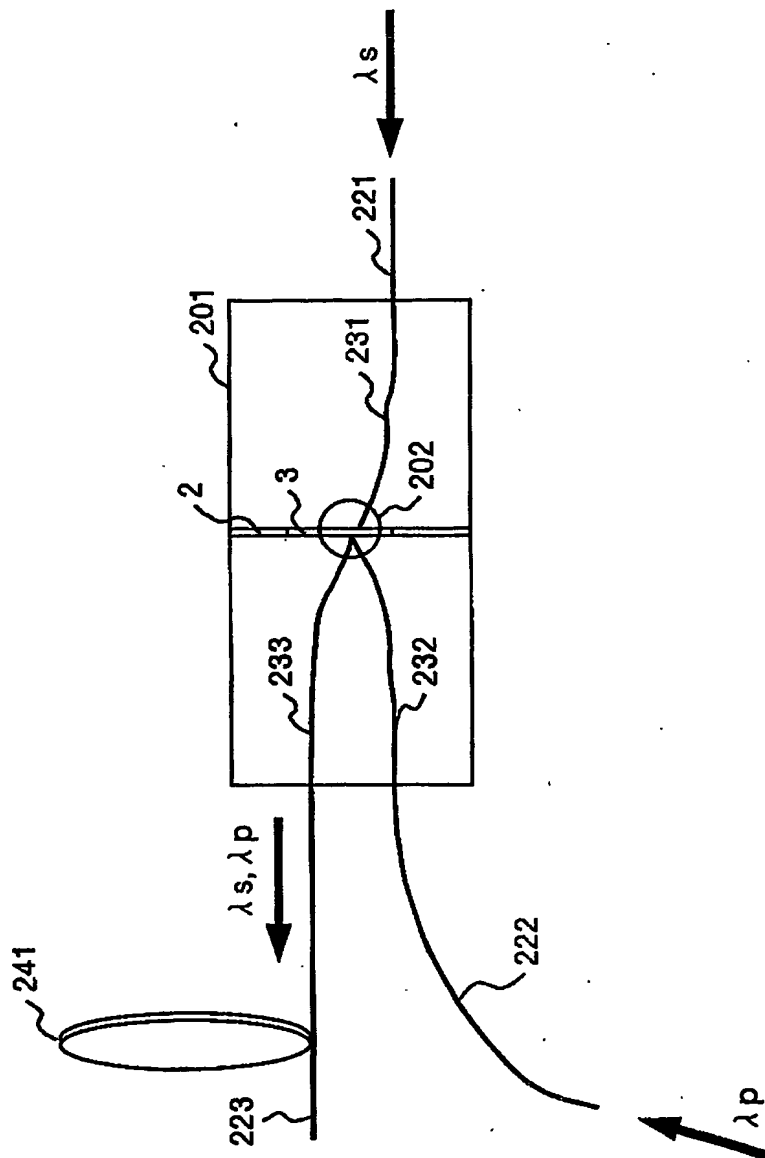
【図7】

図 7



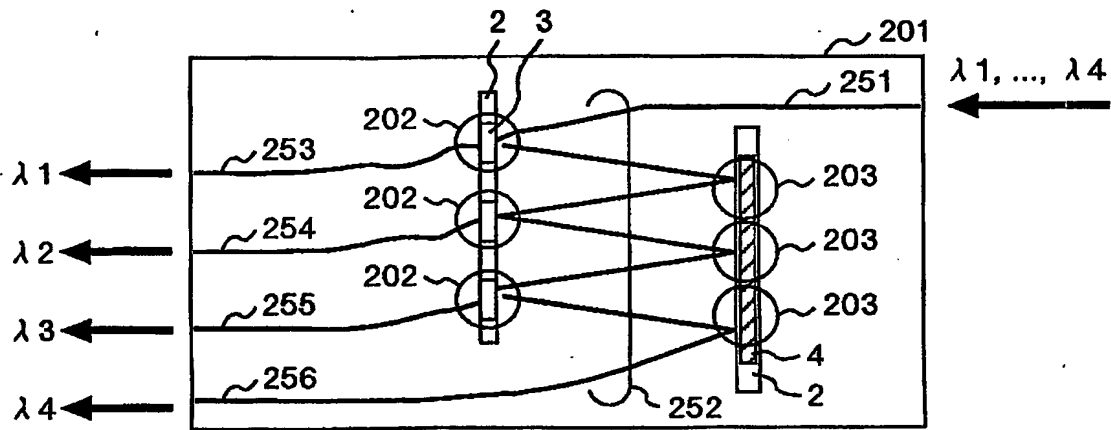
【图 8】

图 8



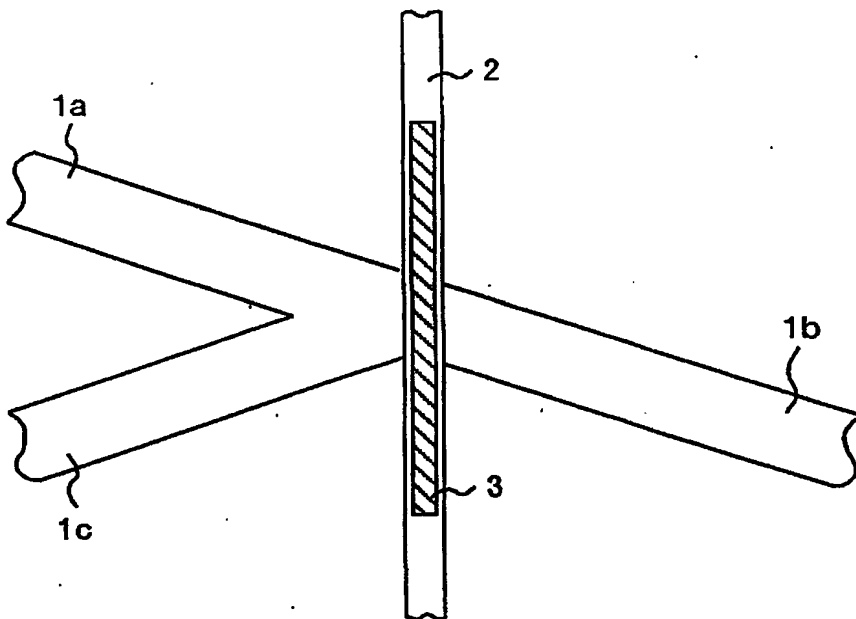
【図 9】

図 9



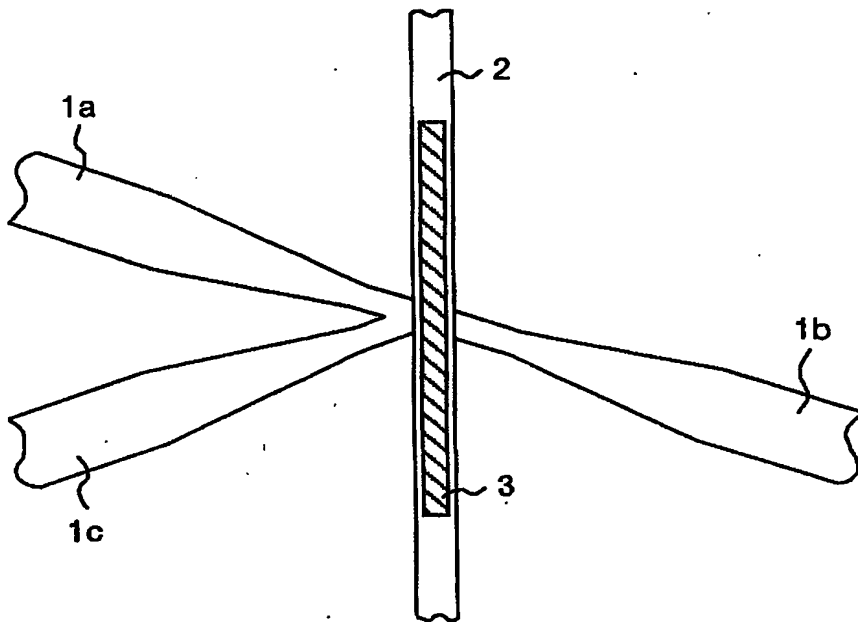
【図 1 0】

図 1 0



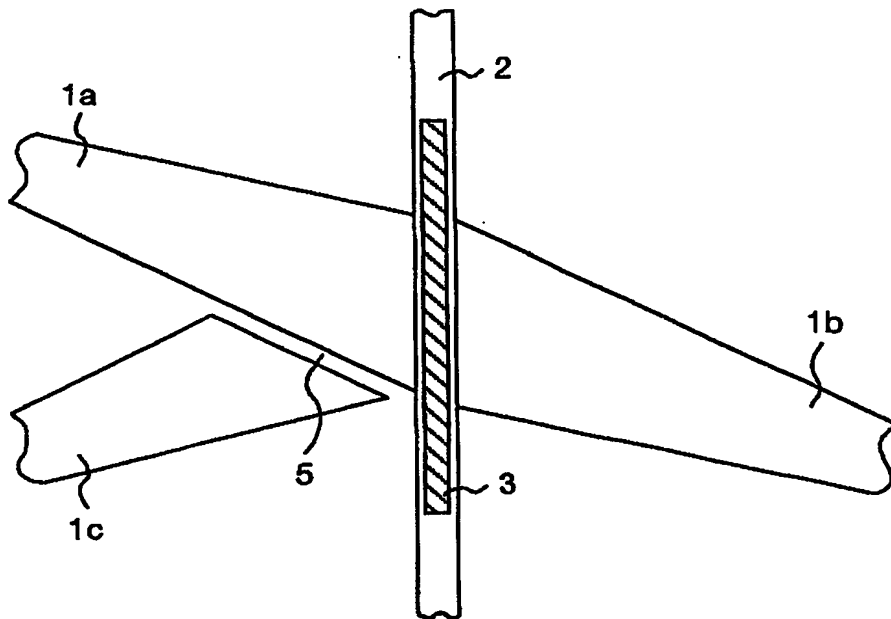
【図 11】

図 11



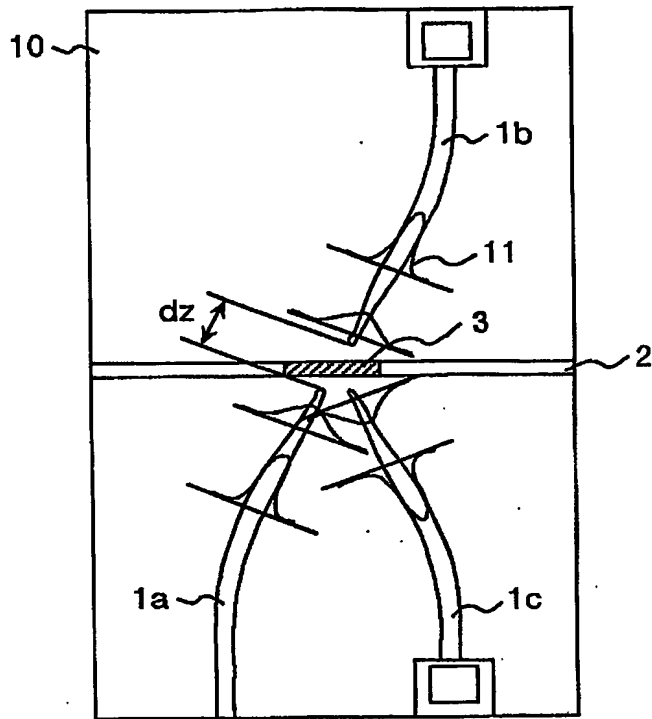
【図 12】

図 12



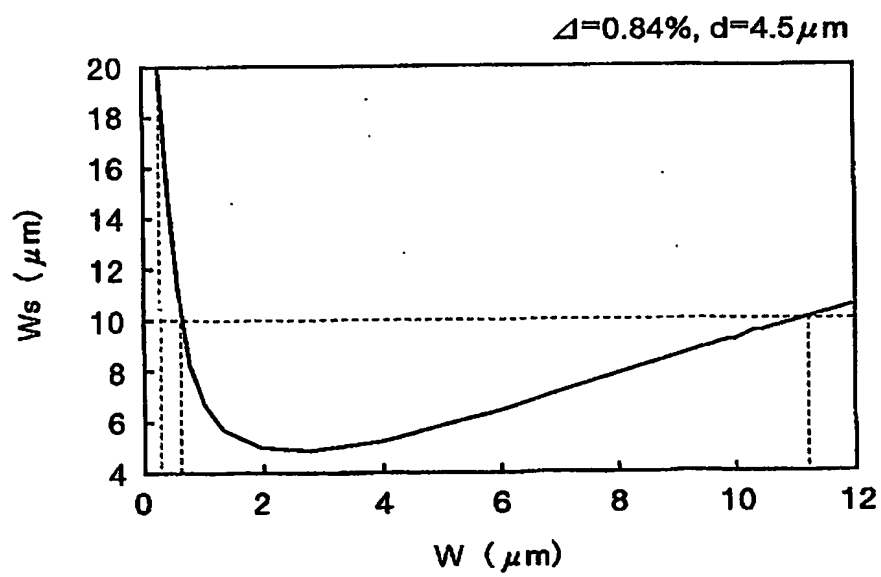
【図 13】

図 13



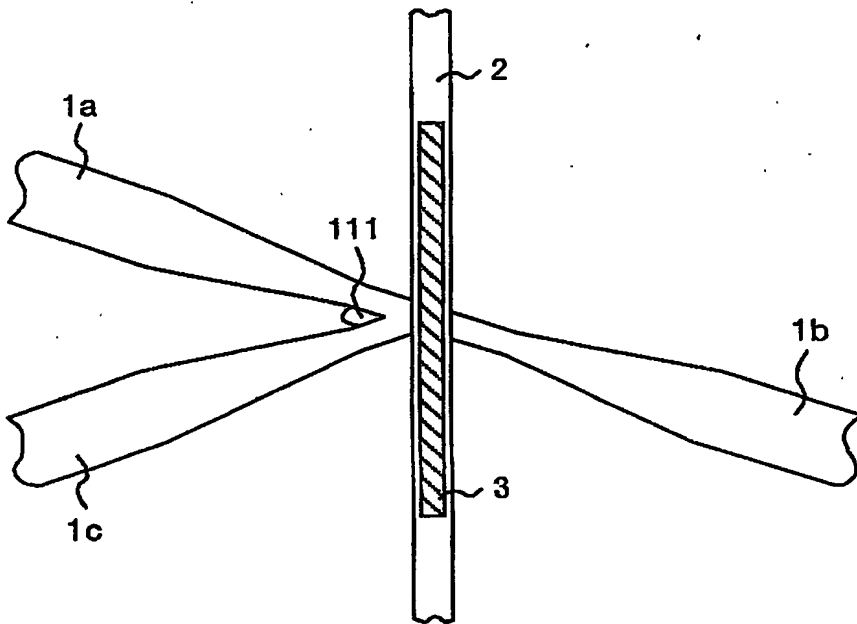
【図 14】

図 14



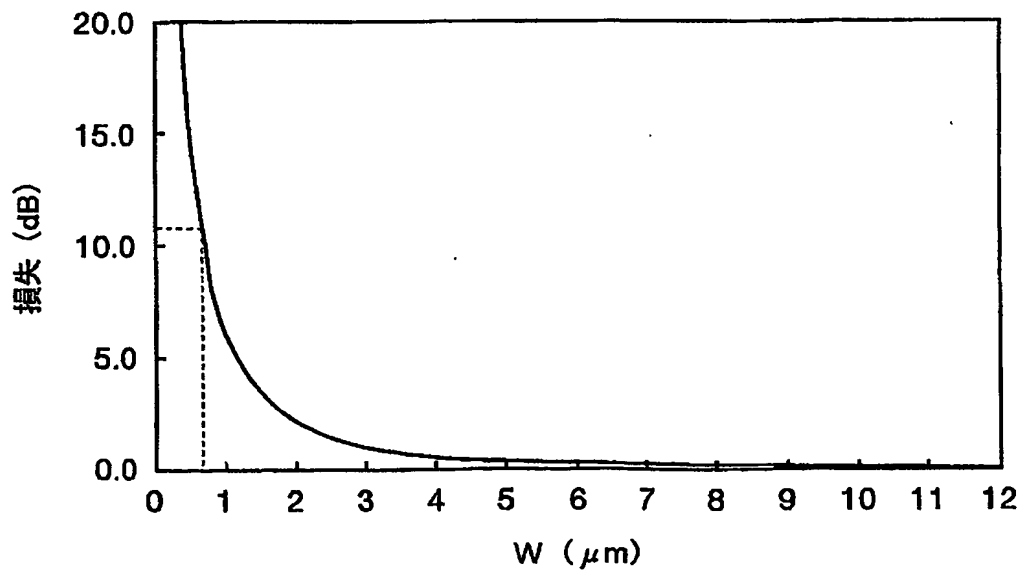
【図 15】

図 15



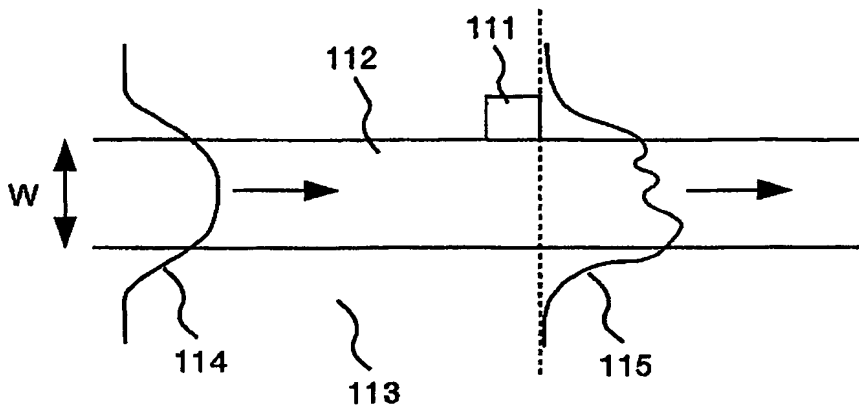
【図 16】

図 16



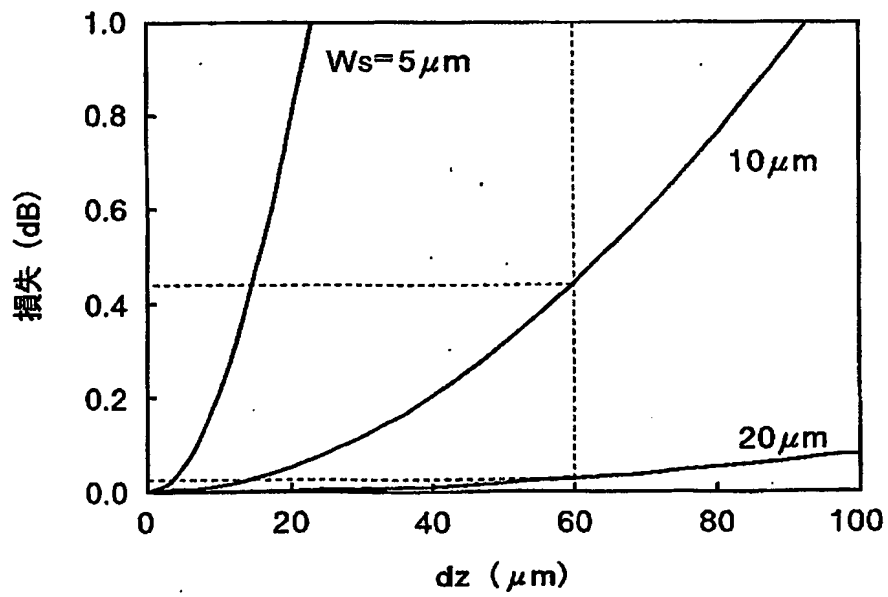
【図 17】

図 17



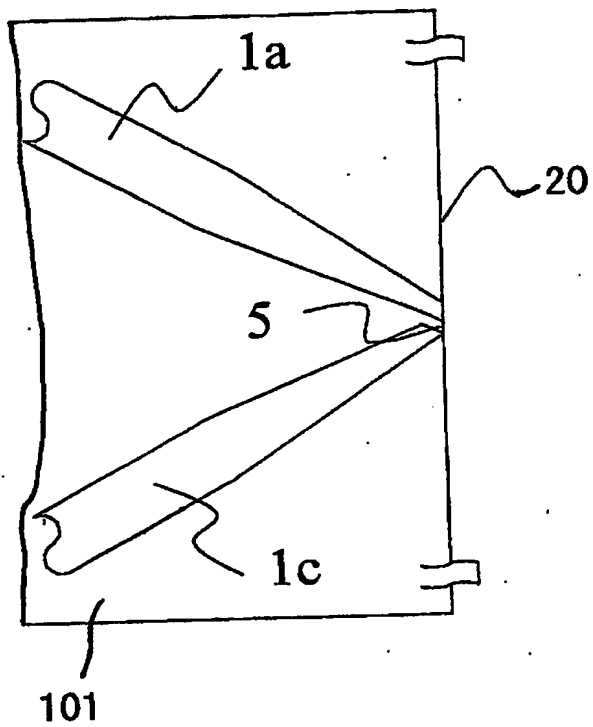
【図 18】

図 18



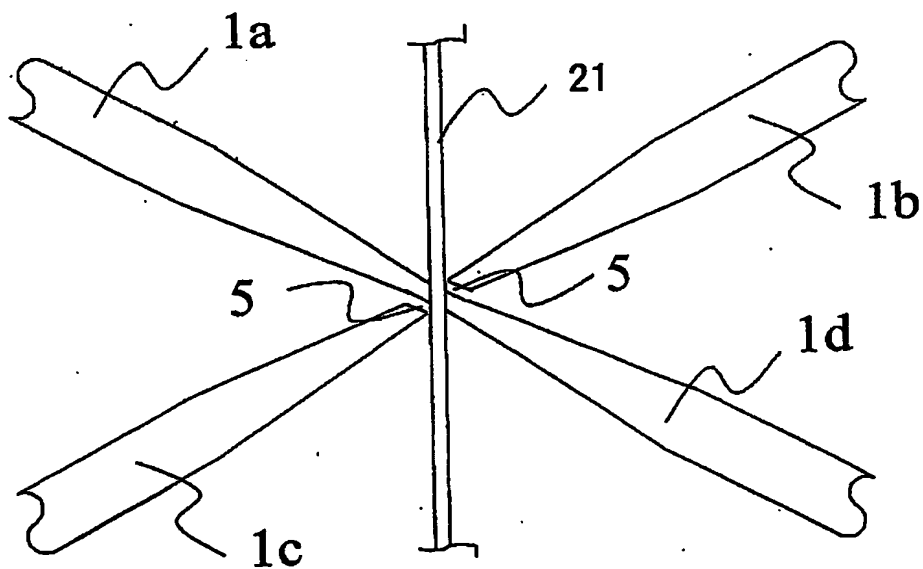
【図19】

図 19



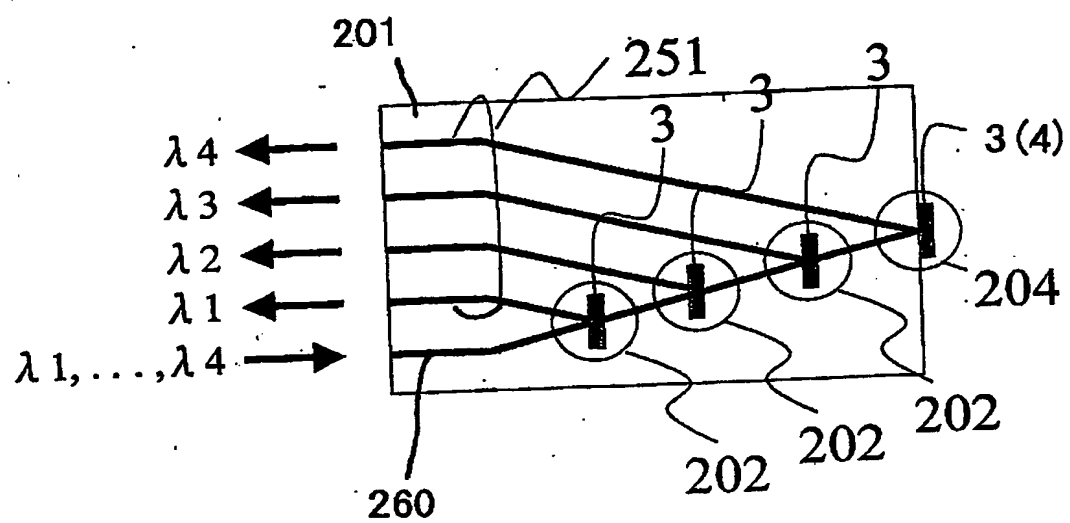
【図20】

図 20



【図 21】

図 21



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、損失の少ない P L C 型光合分波器を簡易に作製することが可能な光導波路装置を提供するものである。

【解決手段】 波長選択フィルタ等の光機能部品を位置決め固定するためのダイシング溝を介して連続したコアと、該コアから分岐したコアを有し、かつ両コアとの間に僅かな隙間があり、かつ、前記ダイシング溝の近傍における両コアの幅が他の部分に比べて狭くなっている構造とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004455]

1. 変更年月日	1993年 7月27日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都新宿区西新宿2丁目1番1号
氏 名	日立化成工業株式会社